

REVENDICATIONS

1. Procédé de contrôle non-destructif d'un élément (3) pour réacteur nucléaire, procédé comprenant les étapes de :
 - 5 a) acquisition d'une image radiographique et numérique (IA1C, IA2C, IA3C, IA1Q, IA2Q, IA3Q) d'au moins une zone (15, 27) de l'élément (3),
 - b) création d'une image de référence (IR1C, IR2C, IR3C, IR1Q, IR2Q, IR3Q) par traitement numérique de l'image acquise, et
 - c) comparaison de l'image acquise (IA1C, IA2C, IA3C, IA1Q, IA2Q, 10 IA3Q), éventuellement traitée, à l'image de référence pour détecter la présence de défaut(s).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément (3) est une partie d'un assemblage de combustible nucléaire.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'élément 15 est un crayon de combustible nucléaire (3) s'étendant le long d'un axe longitudinal (L) et comprenant une gaine (5) fermée par des bouchons (9) inférieur et supérieur et contenant un combustible nucléaire (7).
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la zone comprend un cordon de soudure (15) entre un des bouchons (9) et la gaine (5).
- 20 5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la zone comprend un point de soudure (27) obturant un canal (19) traversant un bouchon (9).
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape b) comprend une sous-étape b1) d'ouverture ou de fermeture de 25 l'image par adjonction d'un élément structurant (h).
7. Procédé selon les revendications 3, 4 et 6 prises ensembles, caractérisé en ce que l'élément structurant (h) a une forme allongée le long de l'axe longitudinal (L) du crayon (3).
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'élément 30 structurant (h) est un segment de p pixels, p étant un nombre entier non nul.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'un défaut à détecter est une porosité (71) ou une sous-pénétration (99) du cordon de soudure (15), et en ce que la sous-étape b1) est une sous-étape d'ouverture de l'image par adjonction de l'élément structurant (h).

5 10. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce qu'un défaut à détecter est une inclusion de tungstène, et en ce que la sous-étape b1) est une sous-étape de fermeture de l'image par adjonction de l'élément structurant (h).

10 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 à 10, caractérisé en ce que l'étape b) comprend, préalablement à la sous-étape b1), une sous-étape b0) de lissage de l'image par un convolveur (g).

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le convolveur (g) est un carré de n pixels de côté, n étant un nombre entier non nul.

15 13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape c) comprend une sous-étape c1) de calcul de la différence entre l'image acquise, éventuellement traitée, et l'image de référence, et de division de cette différence par l'image acquise, éventuellement traitée, ou par l'image de référence.

20 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend, après la sous-étape c1), une sous-étape c2) de multiplication de l'image par un coefficient correspondant sensiblement à l'intensité lumineuse maximale du dispositif de prise de vue (33) utilisé pour acquérir l'image radiographique.

25 15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, caractérisé en ce qu'il comprend, après la sous-étape c1), une sous-étape de lissage de l'image grâce à un convolveur (j, k).

16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le convolveur est un carré de q pixels de côté, q étant un nombre entier.

30 17. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le convolveur (k) est allongé transversalement par rapport à l'axe longitudinal (L).

18. Procédé selon l'une des revendications 13 à 17, caractérisé en ce qu'il comprend, après la sous-étape c1), une étape de binarisation de l'image.

19. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le défaut à détecter étant un défaut d'étanchéité au droit du point de soudure (27), l'étape b) comprend une sous-étape b1) de projection de l'image le long de l'axe longitudinal (L) et de reconstruction de l'image à partir de sa projection le long de cet axe (L).

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'étape b) comprend, préalablement à la sous-étape b1), une sous-étape b0) de lissage de l'image acquise par un convolveur (I).

21. Procédé selon la revendication 20, caractérisé en ce que le convolveur (I) est un carré de t pixels de côté, t étant un nombre entier.

22. Procédé selon l'une des revendications 19 à 21, caractérisé en ce que l'étape c) comprend une sous-étape c1) de soustraction de l'image de référence à l'image acquise, éventuellement traitée.

23. Procédé selon la revendication 22, caractérisé en ce qu'il comprend, après la sous-étape c1), une sous-étape de binarisation de l'image.

24. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le procédé comprend une étape d) de détection automatique et de détermination de caractéristiques d'une région (71 ; 99) de l'image issue de l'étape c) correspondant à un défaut.

25. Procédé selon la revendication 24, caractérisé en ce qu'une des caractéristiques est la position du défaut détecté dans l'image.

26. Procédé selon la revendication 24 ou 25, caractérisé en ce qu'une des caractéristiques est représentative de la dimension du défaut détecté.

27. Procédé selon l'une des revendications 19 à 23, caractérisé en ce qu'il comprend une étape d) de détermination de l'épaisseur axiale minimale du point de soudure (27).

28. Procédé selon l'une des revendications 24 à 27, caractérisé en ce que les étapes a) à d) sont effectuées pour plusieurs angles de vue.

29. Procédé selon les revendications 25, 26 et 28 prises ensemble, caractérisé en ce qu'il comprend une étape e) de reconstruction des défauts détectés dans les images correspondant à différents angles de vues.

30. Procédé selon la revendication 29, caractérisé en ce que l'étape e)
5 comprend une sous-étape e1) de détermination des positions qu'un défaut détecté dans une première image correspondant à un premier angle de vue peut occuper dans une deuxième image correspondant à un deuxième angle de vue,
une sous-étape e2) de comparaison des positions ainsi déterminées avec des positions de défaut(s) effectivement détecté(s) dans la deuxième image
10 afin de déterminer si le défaut a été détecté dans la deuxième image, et, si le défaut a été détecté dans la deuxième image,

une sous-étape e3) de calcul d'une dimension du défaut à partir des caractéristiques représentatives des dimensions du défaut déterminées dans la première et la deuxième images.

15 31. Procédé selon les revendications 26 et 28 prises ensemble, caractérisé en ce qu'il comprend une étape e) de sommation des caractéristiques représentatives de la dimension déterminées pour plusieurs angles de vue et de comparaison de la somme avec une valeur seuil afin de rendre un verdict sur la conformité de l'élément (3) avec des critères prédéterminés de fabrication.

20 32. Procédé selon les revendications 27 et 28 prises ensembles, caractérisé en ce qu'il comprend une étape e) de calcul d'une moyenne des épaisseurs minimales déterminées pour plusieurs angles de vue et de comparaison avec une valeur seuil afin de rendre un verdict sur la conformité de l'élément (3) avec des critères prédéterminés de fabrication.